

롤러리테이너 타입 직선운동 가이드의 단순화 모델링에 관한 연구

A Study on Linear Motion Guide of Roller Retainer type to simplify modeling

*# 정제일¹, 노기훈², 임종진³

*# J. I. Jeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)¹, K. H. Noh(nomad@kookmin.ac.kr)², J. J. Won³

¹국민대학교 기계시스템공학부, ²국민대학교 기계설계학과

Key words : LM Guide, Roller bearing, connector

1. 서론

Linear Motion Guide(이하 LM Guide)는 블록 내부의 볼이 효율적으로 무한 순환 운동을 하도록 도와주는 직선운동 안내 장치로 직선운동부분을 지지하는 곳에 주로 사용된다. 그 중 롤러리테이너 타입은 롤러와 리테이너 사이의 유막이 형성되어 리턴부, 순환부 등 내부 충돌과 마찰을 최소화 하여 위치 결정도가 매우 높은 제품으로 CNC선반과 같은 공작기계, 로봇, 반도체 LCD 제조설비 등에 많이 사용되고 있다.

모든 기계에 사용되는 만큼 LM Guide 자체 강성이 중요시되고 있다. 본 논문에서는 강성해석을 용이하고 빠르게 하기 위해 모델링 단순화에 대해 설명하고자 한다.

2. 모델 선정 및 단순화

롤러 리테이너 타입의 LM guide는 베어링의 위치, 블록의 형상에 따라 다양하기 때문에 제품 선정과 블록 형상을 단순화 시킬 필요가 있다. Fig. 1의 LM Guide SRG 모델은 롤러리테이너 타입으로 가장 보편적으로 사용되고 있는 제품이며, 롤러끼리의 마찰제거로 급속 마찰음의 발생이 없어 정속한 주행 실현이 가능한 제품이다.

제품 카탈로그의 제시되어있는 최외각 수치를 적용하여 복잡한 형상부분을 단순화 시켰으며, 이를 통해 해석 시간을 단축시켰다. Fig. 2는 SRG-20A 모델의 최외각 치수를 적용해서 설계한 단순화된 모델이다[1].

3. 동가동강성을 가지는 Spring 배치

모델 단순화 과정을 거치면서 블록 내에 있는 베어링은 스프링으로 단순화되었으며 실제 연결 각도

인 45°를 적용하였다[2]. Fig. 2는 2차원 변위 센서로 베어링 직경과 간격을 측정하였다. 베어링 직경은 약 1.69mm 이고 간격은 리테이너를 포함하여 약 2.36mm 이다. 열당 총 스프링 개수는 28개이고 steel 부에 연결된 스프링 개수는 24개, plastic에 연결된 스프링 개수는 4개이다. Fig. 3은 측정된 수치를 바탕으로 설계된 모델이며 일정 무게를 가하기 위해서 블록위에 더미를 얹었다. 이는 실제 동강성 측정 실험에서도 적용되어 모드 형상 주파수 범위를 낮추는 역할을 한다[3].

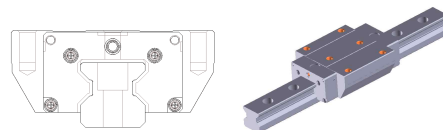


Fig. 1 LM Guide SRG-20A (THK Catalog)

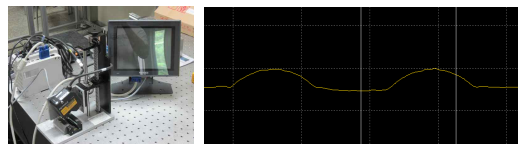


Fig. 2 LJ-G030 and Roller Profile

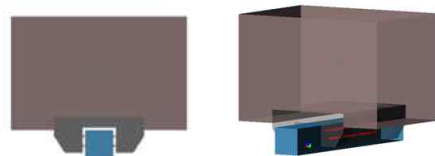


Fig. 3 A Modeling using spring

$$k = \frac{dP}{d\delta} = \frac{3}{2} \left(\frac{\pi(0.6E^*)}{\sqrt{2}} (R' R'')^{\frac{1}{4}} \right)^{\frac{1}{2}} \delta^{\frac{1}{2}} \equiv \frac{3}{2} C \delta^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}, R' = r_2, R'' = \frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \quad (1)$$

식(1)은 LM Guide 블록에 들어가는 볼베어링의 강성계수를 나타낸 이론식이다. E_1 와 E_2 는 볼베어링과 블록의 탄성계수이며, ν_1 와 ν_2 는 볼베어링과 블록의 푸아송비이다. r_2 와 r_1 는 볼베어링과 블록 그루부의 유효반지름이다. δ 은 볼 베어링의 예압 즉, 음의 공차를 나타낸다[3]. 블록 그루부의 유효 반지름을 무한대로 보면 평평한 면과 닿는 롤러베어링과 같기 때문에 이 식을 롤러베어링 강성계수를 계산하는데도 적용할 수 있다.

Table 1 Spring Stiffness

	스틸 & 스틸	스틸 & 플라스틱
스프링 강성(N/mm)	11056.8	237.6

Table 1은 식(1)을 계산한 결과 값이다.

4. 동강성 측정 실험

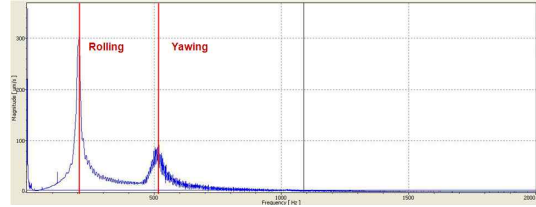
하이센의 PSV-400 Scanning Vibrometer를 사용하여 LM Guide 동강성 측정 실험을 하였다. SRG 모델은 베어링 직경 사이즈에 따른 예압에 따라 세가지 타입으로 나뉜다. 여기서는 경예압 타입을 가지고 z축가진과 y축가진 두가지 방식으로 실험을 진행하였다.

Fig.5(a), Fig. 5(b) 경예압 타입의 두 그래프를 비교해보면 두 번째 피크의 주파수에서 약 60Hz 정도 차이가남을 확인할 수 있다. 그리고 세 번째 피크가 z축가진에서는 나타났으나 y축가진에서는 나타나지 않음을 알 수 있다. 이는 가진 방향이 결과에 영향을 미치는 변수로 작용한다는 것이다.

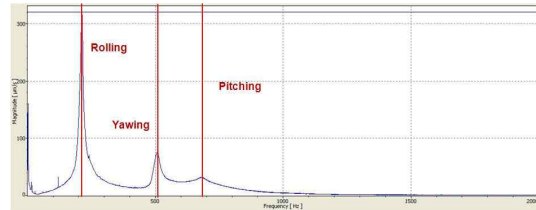
Table 2의 실험결과와 시뮬레이션 결과를 보면 Yawing 모드에서 최대 24%가 나며 전체적으로 25% 안의 결과값을 가지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 시뮬레이션에서 적용한 예압량이 50 μ m으로 너무 큰 값이다. 주요 원인으로 임의로 무게를 주기위한 더미로 인해 상부 스프링 압축과 하부 스프링은 팽창을 들 수 있다. 즉 더미의 무게가 스프링에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

Table 2 According to the frequency of each mode

Mode Number	2nd	3rd	4th
Type	Rolling	Yawing	Pitcing
Experiment	222.5	585.6	735.1
Simulation	267.2	535.4	553.9



(a) Lateral excitation



(b) Vertical excitation

Fig. 5 SRG-20A frequency response plot

4. 결론

롤러리테이너 타입 LM Guide의 강성 해석에서 스프링을 시뮬레이션 및 해석을 해보았다. 실제 측정 결과와 시뮬레이션 결과가 크게 차이 나지 않는 것을 확인하였고 단순화 모델로 충분히 해석 가능함을 증명하였다.

향후 더미의 무게를 변경하여 스프링에 작용하는 예압량과 더미 무게의 상관 관계에 대해 연구할 계획이다.

후기

본 연구는 한국기계연구원이 지원하는 “기계장비 정밀도 시뮬레이션 플랫폼 기술개발” 과제 지원으로 연구되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. THKCatalogNo.500-4K, Available: <http://www.samick-thk.co.kr/>
2. Altintas Y, Brecher C, Weck M, “Virtual Machine Tool”, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 54, Issue 2, pp 115-138, 2005
3. Yi Y.S., Kim Y.Y., Choi J.S., Yoo J.H., "Dynamic analysis of a linear motion guide having rolling elements for precision positioning devices", Journal of Mechanical Science and Technology, Volume 22, Number 1, 2008